

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. November 2002 (21.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/093001 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02M 59/10,  
57/02, 47/02

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, D-70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/01550

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. April 2002 (27.04.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MAGEL, Christoph  
[DE/DE]; Bachstr. 10, 72793 Pfullingen (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

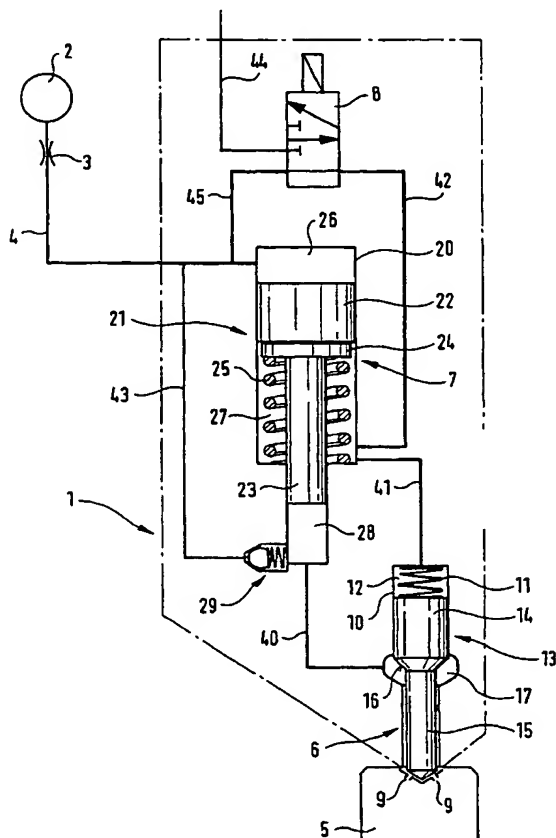
(30) Angaben zur Priorität:  
101 23 913.0 17. Mai 2001 (17.05.2001) DE  
102 18 904.8 26. April 2002 (26.04.2002) DE

Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL INJECTION DEVICE

(54) Bezeichnung: KRAFTSTOFFEINSPRITZEINRICHTUNG



(57) Abstract: A fuel injection device for internal combustion engines with a fuel injector supplied by a high pressure fuel source and a pressure amplification device is disclosed. The closing piston (13, 113) of the injector extends into a closing pressure chamber (12, 112), such that the closing piston may be pressurised by fuel pressure to produce a force, acting on the closing piston in the closing direction. The closing pressure chamber (12, 112) and the return chamber (27, 127) of the pressure amplification device are formed by a common closing pressure/return chamber (12, 27, 41, 112, 127, 141). All the partial regions (12, 27, 112, 127) of the closing pressure/return chamber are permanently connected to each other (41, 141) for the exchange of fuel, so that despite a low pressure amplification by the pressure amplification device, a relatively low injection opening pressure may be achieved.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Brennkraftmaschinen mit einem von einer Kraftstoffhochdruckquelle versorgbaren Kraftstoffinjektor und einer Druckübersetzungseinrichtung vorgeschlagen, bei der der Schliesskolben (13, 113) des Injektors in einen Schliessdruckraum (12, 112) hineinragt, so dass der Schliesskolben mit Kraftstoffdruck beaufschlagbar ist zur Erzielung einer in Schliessrichtung auf den Schliesskolben wirkenden Kraft, und bei der der Schliessdruckraum (12, 112) und der Rückraum (27, 127) der Druckübersetzungseinrichtung durch einen gemeinsamen Schliessdruck-Rückraum (12, 27, 41, 112, 127, 141) gebildet werden, wobei sämtliche Teilbereiche (12, 27, 112, 127) des Schliessdruck-Rückraums permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden (41, 141) sind, so dass trotz einer niedrigen Druckverstärkung durch die Druckübersetzungseinrichtung ein relativ niedriger Einspritzöffnungsdruck erzielbar ist.

WO 02/093001 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5        Kraftstoffeinspritzeinrichtung

Stand der Technik

10       Die Erfindung geht aus von einer  
Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach der Gattung des  
unabhängigen Anspruchs. Aus der DE 43 11 627 sind schon  
Kraftstoffeinspritzeinrichtungen bekannt, bei denen ein  
integrierter Druckverstärkerkolben mittels einer Befüllung  
15       beziehungsweise einer Entleerung eines Rückraums eine  
Erhöhung des Kraftstoffeinspritzdrucks über den von einem  
Common-Rail-System hinaus bereitgestellten Wert ermöglicht.

20       Aus der US 6 113 000 ist ein Einspritzsystem bekannt, das ein  
Hochdruckreservoir und ein Mitteldruckreservoir aufweist, wobei  
das Hochdruckreservoir wahlweise auch mit Kraftstoff geführt  
sein kann.

25       Die DE 199 10 970 beschreibt Kraftstoffeinspritzeinrichtungen  
mit Druckverstärker, wobei dem Injektor und dem Druckverstärker  
je ein separates Steuerventil zugeordnet sind.

30       Auch die DE 43 11 627 beschreibt eine Einspritzeinrichtung, die  
neben einem Steuerventil ein zusätzliches Vierwegeschiebeventil  
benötigt.

Vorteile der Erfindung

35       Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit den  
kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat  
demgegenüber den Vorteil, als druckgesteuerte Einrichtung  
auch unter Einsatz von Druckübersetzungseinrichtungen mit

kleinem Druckverstärkungsverhältnis beispielsweise in der Größenordnung 1:1,5 bis 1:3 relativ niedrige Einspritzöffnungsdrücke zu realisieren. Ein kleines Druckübersetzungsverhältnis ist vorteilhaft, da dadurch der Bauraum des Injektors beziehungsweise des Druckübersetzers klein gehalten werden kann, durch die kleinen Volumina eine hohe Dynamik bei Druckaufbau und -abbau erreicht wird, Entspannungsverluste auf ein Minimum reduziert werden, die Volumenströme im System und die Fördermenge einer Kraftstoffpumpe gering bleiben und das notwendige Druckniveau in Pumpe und Rail auch bei hohen Einspritzdrücken von über 2000 bar im heute bereits in der Serienfertigung beherrschbaren Bereich von bis zu 1400 bar verbleibt. Auch die Volumenströme im Niederdrucksystem bleiben gering. Die erfindungsgemäße Anordnung ermöglicht die Nutzung dieser Vorteile auch für Anwendungen, in denen kleine Kraftstoffmengen sicher zugemessen werden müssen. Dies wird durch eine Entlastung des Schließdruckraums gerade in dem Moment erzielt, in dem die Einspritzung von Kraftstoff erfolgen soll. Damit kann ein kleines Übersetzungsverhältnis realisiert werden, ohne dass der Öffnungsdruck zu hohe Werte annimmt, die eine exakte Zumessung kleiner Kraftstoffmengen unmöglich machen würden. Darüberhinaus wird weiterhin ein hoher Schließdruck gewährleistet, der zu einem schnellen Nadelschließen unter hohem Einspritzdruck führt. Dabei ist insbesondere von Vorteil, dass im Hochdruckraum ständig (abgesehen von in dem System auftretenden Druckschwingungen) zumindest der Kraftstoffdruck der Kraftstoffhochdruckquelle anliegen kann. Dies gewährleistet in vorteilhafter Weise, dass bereits im ersten Moment der Öffnung des Injektors ein hoher Einspritzdruck an den Einspritzöffnungen anliegt und Kraftstoff innerhalb kleiner Zeitfenster exakt dosiert den Brennräumen zudosiert werden kann. Darüber hinaus kann der Aufbau des Druckübersetzers einfach und robust ausgeführt sein, da neben dem Niederdrucksystem nur ein weiteres Kraftstoffsystem mit höherem Kraftstoffdruck vorgesehen ist.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in dem unabhängigen Anspruch angegebenen Kraftstoffeinspritzeinrichtung möglich.

Wird die Funktion des Druckraums des Injektors vom Hochdruckraum der Druckübersetzungseinrichtung übernommen, ergibt sich ein verkleinertes Totvolumen hinter der Druckübersetzungseinrichtung, das noch auf Hochdruck verdichtet werden muss. Außerdem wird die Amplitude eventuell auftretender Schwingungen zwischen dem Schließdruckraum und dem Druckraum verkleinert, da sich eine kürzere Strömungsverbindung vom Schließdruckraum zum Druckraum ergibt. Das ergibt insgesamt eine zuverlässigere Betriebsweise mit der Möglichkeit schnelleren Schaltens.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung mit einer diametralen Anordnung der Leitungsmündungen in die Räume der Druckübersetzungseinrichtung und/oder des Schließdruckraums kann erreicht werden, dass im Betrieb ständig die Räume durchströmt werden. Insbesondere bei kleinen Einspritzmengen wird so auch gewährleistet, dass die Räume kontinuierlich durchströmt werden. Dadurch kann eine lokale Überhitzung des Kraftstoffs in den Räumen infolge ständiger Kompression und Entspannung und damit auch Bauteilschäden vermieden werden. Darüber hinaus wird verhindert, dass sich in den Räumen Schmutz ansammeln kann.

Weitere Vorteile ergeben sich durch die weiteren in den weiteren abhängigen Ansprüchen und in der Beschreibung genannten Merkmale.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung, Figur 2 zwei Diagramme, Figur 3 eine zweite Kraftstoffeinspritzeinrichtung, Figur 4 ein Piezoventil und Figur 5 eine weitere Kraftstoffeinspritzeinrichtung. Figur 6 zeigt Diagramme mit Druckverhältnissen für verschiedene Schaltgeschwindigkeiten und Figur 7 illustriert die Schaltzustände bei Verwendung eines 3/3-Ventils. Figur 8 zeigt eine weitere Kraftstoffeinspritzeinrichtung, Figur 9 weitere Diagramme und Figur 10 eine weitere alternative Ausführungsform.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung dargestellt, bei der ein eine Druckübersetzungseinrichtung 7 aufweisender Kraftstoffinjektor 1 über eine mit einer Drossel 3 versehenen Kraftstoffleitung 4 mit einer Kraftstoffhochdruckquelle 2 verbunden ist. Die Kraftstoffhochdruckquelle umfasst mehrere nicht näher dargestellte Elemente wie einen Kraftstofftank, eine Pumpe und das Hochdruckrail eines an sich bekannten Common-Rail-Systems, wobei die Pumpe einen bis zu 1600 bar hohen Kraftstoffdruck in dem Hochdruckrail bereitstellt, indem sie Kraftstoff aus dem Tank in das Hochdruckrail befördert. Dabei ist für jeden Zylinder einer Brennkraftmaschine ein separater aus dem Hochdruckrail gespeister Injektor vorgesehen. Der exemplarisch in Figur 1 dargestellte Injektor 1 weist ein Kraftstoffeinspritzventil 6 mit einem Schließkolben 13 auf, das mit seinen Einspritzöffnungen 9 in den Brennraum 5 eines Zylinders einer Brennkraftmaschine hineinragt. Der Schließkolben 13 ist an einer Druckschulter 16 von einem Druckraum 17 umgeben, der über eine Hochdruckleitung 40 mit dem Hochdruckraum 28 der Druckübersetzungseinrichtung 7 verbunden ist. Der

Schließkolben 13 ragt an seinem dem Brennraum abgewandten Ende, dem Führungsbereich 14, in einen Schließdruckraum 12 hinein, der über eine Leitung 41 mit einem Rückraum 27 der Druckübersetzungseinrichtung und über eine an den Rückraum 27 angeschlossene Kraftstoffleitung 42, 45 und ein 3/2-Wege-Ventil 8 mit der Kraftstoffhochdruckquelle 2 verbindbar ist. Das Ventil 8 verbindet in einer ersten Stellung die Leitung 42 mit der Leitung 45, während eine zu einem nicht näher dargestellten Niederdrucksystem führende Niederdruckleitung 44 an ihrem am Ventil 8 angeschlossenen Ende verschlossen ist. In einer zweiten Stellung des Ventils ist die zum Rückraum 27 beziehungsweise zum Schließdruckraum 12 führende Leitung 42 mit der Niederdruckleitung 44 verbunden, während das der Kraftstoffhochdruckquelle 2 abgewandte und am Ventil 8 angeschlossenen Ende der Leitung 45 abgedichtet ist. Der Schließkolben ist über eine im Schließdruckraum angeordnete und zwischen dem Gehäuse 10 des Einspritzventils 6 und dem Schließkolben 13 gespannte Rückstellfeder 11 federnd gelagert, wobei die Rückstellfeder den Nadelbereich 15 des Schließkolbens gegen die Einspritzöffnungen 9 drückt. Die Druckübersetzungseinrichtung 7 besitzt einen federnd gelagerten Druckübersetzerkolben 21, der den mit der Hochdruckleitung 40 verbundenen Hochdruckraum 28 von einem Raum 26 trennt, der über die Leitung 4 an die Kraftstoffhochdruckquelle 2 angeschlossen ist. Die zur Lagerung des Kolbens verwendete Feder 25 ist in dem Rückraum 27 der Druckübersetzungseinrichtung angeordnet. Der Kolben 21 ist zweiteilig ausgeführt und weist einen ersten Teilkolben 22 und einen durchmesserkleineren zweiten Teilkolben 23 auf. Das Gehäuse 20 der Druckübersetzungseinrichtung wird durch den im Gehäuse verschiebbar angeordneten Teilkolben 22 in zwei Bereiche aufgeteilt, die bis auf Leckageverluste flüssigkeitsdicht voneinander abgetrennt sind. Der eine Bereich ist der mit der Hochdruckquelle verbundene Raum 26, der zweite Bereich weist eine stufenförmige Verjüngung auf. Er enthält den zweiten Teilkolben 23, der in die Verjüngung verschiebbar

eintaucht und sie flüssigkeitsdicht vom Rest des zweiten Bereichs abgrenzt, der den Rückraum 27 bildet. Der vom Teilkolben 23 begrenzte Bereich in der Verjüngung bildet den mit dem Druckraum 17 des Einspritzventils verbundene Hochdruckraum 28 der Druckübersetzungseinrichtung, der über ein Rückschlagventil 29 und eine Kraftstoffleitung 43 mit der zur Kraftstoffhochdruckquelle 2 führenden Leitung 4 verbunden ist. Die beiden Teilkolben sind getrennte Bauteile, können aber auch miteinander fest verbunden ausgeführt sein. Der zweite Teilkolben 23 besitzt an seinem dem ersten Teilkolben zugewandten Ende eine über seinen Durchmesser hinausragende Federhalterung 24, so dass die gegen das Gehäuse 20 gespannte Rückstellfeder 25 den zweiten Teilkolben gegen den ersten drückt.

Der Druck der Kraftstoffhochdruckquelle 2 wird über die Leitung 4 zum Injektor geführt. In der ersten Stellung des Ventils 8 ist das Einspritzventil nicht angesteuert und es findet keine Einspritzung statt. Dann liegt der Raildruck im Raum 26, am Ventil 8, über das Ventil 8 und die Leitung 42 im Rückraum 27, über das Ventil und die Leitung 41 im Schließdruckraum 12 und über die Leitung 43 im Hochdruckraum 28 sowie im Druckraum 17 an. Somit sind alle Druckräume der Druckübersetzungseinrichtung mit Raildruck beaufschlagt und der Druckübersetzerkolben ist druckausgeglichen, das heisst, die Druckübersetzungseinrichtung ist deaktiviert und es findet keine Druckverstärkung statt. Der Druckübersetzerkolben wird in diesem Zustand über eine Rückstellfeder in seine Ausgangslage zurückgestellt. Der Hochdruckraum 28 wird dabei über das Rückschlagventil 29 mit Kraftstoff befüllt. Durch den Raildruck im Schließdruckraum 12 wird eine hydraulische Schließkraft auf den Schließkolben aufgebracht. Zusätzlich stellt die Rückstellfeder 11 eine schließende Federkraft bereit. Daher kann der Raildruck ständig im Druckraum 17 anstehen, ohne dass sich das Einspritzventil ungewollt öffnet. Die Zumessung des Kraftstoffs in den Brennraum 5 erfolgt durch Aktivierung des



3/2-Wege-Ventils 8, das heisst durch Überführung des Ventils in seine zweite Stellung. Dadurch wird der Rückraum 27 von der Kraftstoffhochdruckquelle abgetrennt und mit der Rücklaufleitung 44 verbunden, und der Druck im Rückraum fällt ab. Dies aktiviert die Druckübersetzungseinrichtung, der zweiteilige Kolben verdichtet den Kraftstoff im Hochdruckraum 28, so dass im mit dem Hochdruckraum verbundenen Druckraum 17 die in Öffnungsrichtung wirkende Druckkraft ansteigt. Gleichzeitig sinkt bei der Überführung des Ventils in seine zweite Stellung der Kraftstoffdruck im Schließdruckraum 12, so dass die in Schließrichtung auf den Schließkolben wirkende Druckkraft abnimmt. Der Wert des für die Öffnung des Einspritzventils nötigen Kraftstoffdrucks im Druckraum 17 sinkt also gerade zu dem Zeitpunkt, zu dem das Öffnen des Einspritzventils erfolgen soll, und der Nadelbereich 15 des Schließkolbens gibt die Einspritzöffnungen 9 bereits bei einem niedrigeren Druck im Druckraum 17 frei als dies der Fall wäre, wenn der Druck im Schließdruckraum 12 konstant bliebe. Solange der Rückraum 27 druckentlastet ist, bleibt die Druckübersetzungseinrichtung aktiviert und verdichtet den Kraftstoff im Hochdruckraum 28. Der verdichtete Kraftstoff wird zu den Einspritzöffnungen weitergeleitet und in den Brennraum eingespritzt. Zum Beenden der Einspritzung wird das Ventil 8 wieder in seine erste Stellung überführt. Dies trennt den Rückraum 27 und den Druckraum 17 von der Rücklaufleitung 44 ab und verbindet sie wieder mit dem Versorgungsdruck der Kraftstoffhochdruckquelle beziehungsweise dem Hochdruckrail des Common-Rail-Systems. Dadurch fällt der Druck im Hochdruckraum auf Raildruck ab, und da im Druckraum 17 nun ebenfalls wieder Raildruck ansteht, ist der Schließkolben hydraulisch ausgeglichen und wird durch die Kraft der Feder 11 geschlossen, wodurch der Einspritzvorgang beendet ist. Nach dem Druckausgleich des Systems wird der Druckübersetzerkolben durch eine Rückstellfeder in seine Ausgangslage zurückgestellt, wobei der Hochdruckraum 28 über

das Rückschlagventil 29 und die Leitung 43 aus der Kraftstoffhochdruckquelle befüllt wird.

In einer alternativen Ausführungsform kann der Schließdruckraum statt indirekt über den Rückraum 27 der Druckübersetzungseinrichtung auch direkt über eine Kraftstoffleitung mit dem Ventil 8 verbunden sein, das heisst anstelle einer mit dem Rückraum verbundenen Leitung 41 ist eine Leitung vorgesehen, die direkt vom Schließdruckraum zum Ventil 8 führt.

Figur 2 illustriert den Verlauf der Kraftstoffdrücke  $p$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  sowie den resultierenden Hub  $h$  des Schließkolbens während eines Einspritzzyklus. Der Druck der Kraftstoffhochdruckquelle ist mit  $p_{\text{rail}}$  bezeichnet, der Druck im Druckraum 12, bei dem sich das Einspritzventil öffnet, mit  $p_0$ . Die maximale Hubstrecke des Einspritzventils ist mit  $h_{\text{max}}$  abgekürzt, der maximal im Hochdruckraum 28 erreichbare Kraftstoffdruck mit  $p_{\text{max}}$ . Die Kurve 310 zeigt den zeitlichen Verlauf des Kraftstoffdrucks im Hochdruckraum beziehungsweise im Druckraum, die Kurve 320 den Druckverlauf im Schließdruckraum.

Wird zum Zeitpunkt  $t_0$  das Ventil von der ersten in die zweite Stellung überführt, wächst der Druck 310 im Hochdruckraum und im Druckraum, ausgehend vom Druck der Kraftstoffhochdruckquelle, bis zum maximal erreichbaren Druck  $p_{\text{max}}$  an, der durch das Verhältnis der Querschnittsflächen der beiden Teilkolben und dem Druck der Kraftstoffhochdruckquelle vorgegeben ist. Gleichzeitig sinkt der Druck 320 im Schließdruckraum auf einen niedrigen Druckwert (dem im nicht näher dargestellten Niederdrucksystem herrschenden Kraftstoffdruck) ab. Das Einspritzventil öffnet, das heisst der Hubwert  $h$  geht von Null auf den Wert  $h_{\text{max}}$  über, sobald die in Öffnungsrichtung wirkenden Druckkräfte im Druckraum 17 die Summe von in Schließrichtung wirkender Druckkraft im Schließdruckraum 12

und Kraft der Rückstellfeder 11 überkompensieren. Dies ist der Fall, wenn im Druckraum (siehe Druckverlauf 310) der Kraftstoffdruck den Wert  $p_0$  annimmt. Zu einem späteren Zeitpunkt  $t_1$  wird das Ventil 8 wieder in seine erste Stellung überführt, wodurch sich die Kraftstoffdrücke in Druckraum und Schließdruckraum gegenseitig annähern, bis sie beide wieder den Wert des Kraftstoffdrucks der Kraftstoffhochdruckquelle erreichen. Das Ventil schließt wieder, das heisst der Hubwert  $h$  nimmt wieder den Wert Null an.

Figur 3 zeigt eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung, bei der gleiche Bestandteile wie in Figur 1 mit gleichem Bezugszeichen versehen sind. Im Unterschied zur Figur 1 ist das Rückschlagventil nicht über eine Leitung 43 mit der Kraftstoffhochdruckquelle, sondern über eine Leitung 70 mit der Leitung 41 verbunden.

Im Unterschied zur Figur 1 erfolgt die Befüllung des Hochdruckraums beim Überführen des Ventils 8 von der zweiten in die erste Stellung nicht direkt aus der Kraftstoffhochdruckquelle, sondern aus dem Rückraum 27 und/oder dem Schließdruckraum 12.

In weiteren alternativen Ausführungen kann die Leitung 70 statt mit der Leitung 41 auch direkt mit dem Rückraum 27 oder mit dem Schließdruckraum 12 verbunden sein.

Das in den Anordnungen nach Figur 1 und 3 enthaltene 3/2-Wege-Ventil 8 kann sowohl als magnetisch als auch als piezoelektrisch ansteuerbares Ventil gemäß Figur 4 ausgeführt sein. In der piezoelektrischen Ausführungsform nach Figur 4 ist ein Ventilgehäuse 50 mit den aus den Figuren 1 und 3 bekannten drei Anschlussleitungen 42, 44 und 45 verbunden. Im Ventilgehäuse befindet sich ein beweglich gelagerter Ventilkörper 51, der in der gezeigten Ruhestellung über eine Rückstellfeder 52, die zwischen ihm

und dem Ventilgehäuse gespannt ist, mit seiner halbkugelförmigen Seitenfläche flüssigkeitsabdichtend gegen den ersten Ventilsitz 53 gedrückt wird. Der gegenüberliegenden Seite des Ventilkörpers, die von einer ebenen Fläche gebildet ist, steht der mit der Leitung 45 verbundene zweite Ventilsitz 54 gegenüber. In der gezeigten Ruhestellung ist ein Zwischenraum zwischen dem Ventilkörper und dem zweiten Ventilsitz vorhanden. Vom ersten Ventilsitz 53 führt ein Rohr 55 ab, an dessen dem Ventilkörper abgewandten Ende die Niederdruckleitung 44 angeschlossen ist. Ein erster Kraftübertragungskolben 56 liegt auf der das Rohr abdichtenden halbkugelförmigen Seitenfläche des Ventilkörpers auf und ragt durch eine abgedichtete Öffnung der dem Ventilkörper abgewandten Seitenwand des Rohrs aus dem Rohr hinaus, so dass von ausserhalb des Ventilgehäuses durch Verschiebung des Kraftübertragungskolbens eine Kraft auf den Ventilkörper ausgeübt werden kann. Ein verbreitertes Endstück des Kolbens 56 ragt in einen schematisch dargestellten, mit Kopplerflüssigkeit gefüllten Kopplungsraum 58 hinein. Auf der gegenüberliegenden Seite des Kopplungsraums ragt ein zweiter Kraftübertragungskolben 57 in den Kopplungsraum hinein. Letzterer ist an einem elektrisch ansteuerbaren Piezoaktor 59 befestigt, der sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung in seiner Länge verändern kann, wobei ein auf der gegenüberliegenden Seite des Piezoaktors befestigtes Bodenelement 60 in jedem elektrischen Zustand des Piezoaktors zum Kopplungsraum den gleichen Abstand hat.

Die abgebildete Position des Ventilkörpers bildet die erste Stellung des 3/2-Wege-Ventils. In diesem Zustand verschließt der Ventilkörper die Verbindung des Rohrs mit dem Raum, in dem der Ventilkörper beweglich gelagert ist, so dass die Leitung 42 ausschließlich mit der Leitung 45 Kraftstoff austauschen kann. Soll das Ventil in seine zweite Stellung überführt werden, um eine Zumessung von Kraftstoff in den Brennraum zu erzielen, muss der Piezoaktor 59 elektrisch

angesteuert werden. Zur Kompensation von temperaturabhängigen Längenänderungen des Piezoaktors und bei geeigneter Ausführung des nur schematisch dargestellten Kopplungsraums 58 auch zur Kraft-/Weg-Übersetzung steht der Piezoaktor mit dem Kraftübertragungskolben 56 über den Kraftübertragungskolben 57 und den Kopplungsraum 58 in Kontakt. Wird der Piezoaktor angesteuert, dehnt er sich aus, und es wird durch den Kopplungsraum hindurch eine Kraft auf den Ventilkörper übertragen, die diesen vom ersten Ventilsitz abhebt und gegen den zweiten Ventilsitz drückt, so dass nunmehr nicht die Leitung 44, sondern die Leitung 45 mit der Leitung 42 verbunden ist.

Das Piezoventil kann, wie in Figur 1 und 3 gezeigt, mittels der Leitung 45 mit der Leitung 4 verbunden sein. Alternativ kann das Ventil statt mit der Leitung 4 auch direkt mit dem Raum 26 verbunden sein.

Figur 5 illustriert eine weitere Ausführungsform mit einer in dem Injektorgehäuse 100 integrierten Druckübersetzungseinrichtung. Gleiche Bestandteile wie in Figur 1 und 3 abgebildet sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals beschrieben. In dem Injektorgehäuse sind drei relativ zueinander bewegliche Teile federnd gelagert: ein Druckübersetzerkolben 121, ein Schließkolben 113 und ein Ventilhohlkolben 206. Der Druckübersetzerkolben 121 weist einen ersten Teilkolben 122 und einen zweiten Teilkolben 123 auf. Der erste Teilkolben 122 wird axial bis auf Leckageverluste flüssigkeitsdicht vom Injektorgehäuse geführt. Auf der einen Seite weist der erste Teilkolben eine stufenförmige Verjüngung auf, so dass zwischen dem Injektorgehäuse und dem ersten Teilkolben die Rückstellfeder 125 der Druckübersetzungseinrichtung Platz findet. Die Rückstellfeder 125 ist zwischen einer an der Verjüngung angeordneten Federhalterung 124 und einem am Injektorgehäuse befestigten Begrenzungselement 200 gespannt, wobei die der Rückstellfeder abgewandte Seite des

Begrenzungsselements als Anschlag für den Druckübersetzerkolben dient, um ein Anstossen der Verjüngung des ersten Teilkolbens am Injektorgehäuse zu verhindern. Der Raum 126 zwischen dem ersten Teilkolben und dem Injektorgehäuse, in dem sich die Rückstellfeder 125 befindet, entspricht dem Raum 26 aus Figur 1 und ist wie dieser über die Leitung 4 mit der Kraftstoffhochdruckquelle 2 verbunden. Der erste Teilkolben 122 geht auf der dem Raum 126 abgewandten Seite in den durchmesserkleineren zweiten Teilkolben 123 über, der bereichsweise ebenfalls vom Injektorgehäuse geführt wird, da dieses im Bereich des zweiten Teilkolbens eine stufenförmige Verjüngung aufweist. Der Raum zwischen dem zweiten Teilkolben und dem Injektorgehäuse bildet den Rückraum 127 des Druckübersetzers, der über Bohrungen 141 im zweiten Teilkolben mit dessen ausgehöhltem den Schließdruckraum 112 bildenden Innenbereich verbunden ist. Der Schließkolben 113 ragt in den Schließdruckraum hinein; das gegenüberliegende Ende des Schließkolbens, der Nadelbereich 115, verschließt die Einspritzöffnungen 9. Zwischen dem in den Schließdruckraum ragenden Bereich des Schließkolbens und dem Nadelbereich befindet sich der Führungsbereich 114 des Schließkolbens, der eine axiale Führung des Schließkolbens entlang des Injektorgehäuses gewährleistet. Der Führungsbereich ist durchmessergrösser als der Nadelbereich. Der Führungsbereich weist eine Strömungsverbindung 205 beispielsweise in Form einer durchgängigen Bohrung auf, so dass der Zwischenraum zwischen dem Nadelbereich und dem Injektorgehäuse und der sich jenseits des Nadelbereichs an den Führungsbereich anschließende durchmesserkleinere Bereich des Schließkolbens Kraftstoff miteinander austauschen können. Zwischen dem Führungsbereich 114 und dem in den Schließdruckraum ragenden Bereich des Schließkolbens ist ein Kreisringstück 203 am Schließkolbenumfang angebracht, das in eine zylindersymmetrische Ausbuchtung 202 des Injektorgehäuses hineinragt, ohne das Gehäuse berühren zu können. Das Kreisringstück 203 dient zur Abstützung der

Rückstellfeder 111, die den Schließkolben gegen die Einspritzöffnungen drückt. Hierzu liegt die Rückstellfeder 111 an einem radialen Vorsprung des Ventilhohlkolbens 106 auf, der vom Schließkolben geführt wird und das Injektorgehäuse nicht berührt. Der Ventilhohlkolben weist ein spitz zu einer kreisförmigen Dichtkante zulaufendes Ende auf, das von der Rückstellfeder 111 gegen die Stirnseite des zweiten Teilkolbens gedrückt wird, so dass der Hochdruckraum 128, der durch den jenseits des Ventilhohlkolbens zwischen dem Schließkolben und dem Injektorgehäuse liegenden Raum gebildet wird, gegen den Schließdruckraum 112 abgedichtet werden kann, das heisst, dass der Ventilhohlkolben zusammen mit der Stirnseite des zweiten Teilkolbens als Rückschlagventil 129 dienen kann. In das Kreisringstück 203 sind Bohrungen 204 eingebracht, die den Kraftstoffaustausch zwischen den Bereichen des Hochdruckraums beiderseits des Kreisringstücks unterstützen. Zwischen dem Kreisringstück und dem den Einspritzöffnungen zugewandten Ende des Nadelbereichs weist der Schließkolben zwei Bereiche mit einem Durchmesser auf, der kleiner ist als der Durchmesser im in den Schließdruckraum ragenden Bereich: zum einen eine Taille zwischen dem Führungsbereich und dem Kreisringstück, zum anderen den Bereich zwischen dem Führungsbereich und dem den Einspritzöffnungen zugewandten Ende des Schließkolbens.

In der Anordnung nach Figur 5 fallen der Hochdruckraum 28 und der Düsenraum 17 der Anordnung nach Figur 1 zusammen und werden vom Hochdruckraum 128 gebildet. Die Funktionsweise ist ansonsten ähnlich zur der der Anordnung nach Figur 1. Das Rückschlagventil zur Befüllung des Hochdruckraums 128 wird durch das oben beschriebene Rückschlagventil 129 gebildet. Die Zumessung des Kraftstoffs in den Brennraum 5 erfolgt ebenfalls durch Aktivierung des 3/2-Wege-Steuerventils 8. Dadurch wird der Rückraum 127 und der Schließdruckraum 112 druckentlastet und der Druckverstärker aktiviert. Der Kraftstoff im Hochdruckraum 128 wird verdichtet und über die Strömungsverbindung 205 zur

Injektorspitze weitergeleitet. Infolge des Druckabfalls im Schließdruckraum sinkt der für das Anheben des Schließkolbens erforderliche Druck unter den Wert, der erforderlich wäre, wenn der Druck im Schließdruckraum konstant bliebe. So gibt der Schließkolben schließlich infolge der steigenden öffnenden Druckkraft im Hochdruckraum und der gleichzeitig abfallenden schließenden Druckkraft im Schließdruckraum die Einspritzöffnungen frei, und der Kraftstoff wird in den Brennraum eingespritzt. Der Ventilhohlkolben 206 dichtet hierbei den Hochdruckraum 128 mit einer Führung gegenüber dem Schließkolben ab, wobei der Ventilhohlkolben axial verschiebbar ist und sich während der Verdichtung des Kraftstoffs im Hochdruckraum zusammen mit dem Druckübersetzerkolben zu den Einspritzöffnungen hin bewegt. Ebenso dichtet, wie bereits ausgeführt, der Ventilhohlkolben den Hochdruckraum mit seinem Dichtsitz gegenüber dem zweiten Teilkolben ab. Dadurch wird sichergestellt, dass kein komprimierter Kraftstoff in den Schließdruckraum zurückfließen kann. Zum Beenden der Einspritzung wird durch das Steuerventil 8 der Rückraum 127 von der Leitung 44 getrennt und mit der Kraftstoffhochdruckquelle 2 verbunden, wodurch sich im Rückraum und im Schließdruckraum der Raildruck aufbaut und der Druck im Hochdruckraum auf Raildruck abfällt. Der Schließkolben ist nun hydraulisch ausgeglichen und wird durch die Kraft der Rückstellfeder 111 geschlossen, was den Einspritzvorgang beendet. Infolge des Druckausgleichs wird nun auch der Druckübersetzerkolben 121 durch die Rückstellfeder 125 in seine Ausgangslage zurückgeführt, wobei der Hochdruckraum 128 über das Rückschlagventil 129 aus dem Schließdruckraum 112 beziehungsweise dem Rückraum 127 befüllt wird.

Zur Stabilisierung der Schaltfolgen können zusätzliche konstruktive Massnahmen zur Dämpfung eventuell zwischen der Kraftstoffhochdruckquelle und dem Injektor auftretender Schwingungen getroffen werden. Neben einer geeigneten



Auslegung der Drossel 3 können auch alternativ oder in Kombination Drosselrückschlagventile an beliebiger Stelle der Zuleitungen 4, 42 und 45 eingebaut werden. Die Bohrungen 204 können auch weggelassen werden. Darüber hinaus können der Druckübersetzerkolben, der Schließkolben und der Ventilhohlkolben auch abweichende Formen aufweisen. Beim Schließkolben wesentlich ist lediglich, dass zum einen eine Kraftstoffzufuhr bis zu den Einspritzöffnungen gewährleistet ist und dass im Bereich des Hochdruckraums der Kraftstoffdruck eine Angriffsfläche vorfindet, die effektiv zu einer axialen Kraft auf den Schließkolben führt, die zum Druckübersetzerkolben hin orientiert ist, das heisst die in Öffnungsrichtung wirkt.

In allen Ausführungsbeispielen sind der Schließdruckraum 12 beziehungsweise 112 und der Rückraum 27 beziehungsweise 127 durch einen gemeinsamen Schließdruck-Rückraum (12, 27, 41) beziehungsweise (112, 127, 141) realisiert, wobei sämtliche Teilbereiche (12, 27) beziehungsweise (112, 127) des Schließdruck-Rückraums permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden sind, zum Beispiel über mindestens eine Kraftstoffleitung 41 oder über mindestens eine in dem Druckübersetzerkolben integrierte Bohrung 141. Der Druckraum 17 und der Hochdruckraum 28 kann darüber hinaus durch einen gemeinsamen Einspritzraum (17, 28, 40) gebildet werden, wobei sämtliche Teilbereiche des Einspritzraums permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden sind. Der Druckraum 17 und der Hochdruckraum 28 können hierbei über eine Kraftstoffleitung 40 miteinander verbunden sein (vergleiche Fig. 1 und 3), oder der Druckraum kann durch den Hochdruckraum (128) selbst gebildet sein (vergleiche Fig.5).

Figur 6 zeigt die zeitlichen Verläufe des Kraftstoffdrucks  $p$  im Hochdruckraum 28 beziehungsweise 128 für verschiedene Schaltgeschwindigkeiten des 3/2-Piezoventils der Figur 4. Die Kurve 310 stellt die Druckverhältnisse bei schneller Betätigung des Piezoventils dar, die Kurve 311 bei langsamer Ventilbetätigung. Die erste Stellung des Ventils, bei der der Ventilkörper gegen den ersten Ventilsitz 53 gedrückt ist, wird

im Folgenden als Ruhestellung und die zweite Stellung, bei der der Ventilkörper gegen den zweiten Ventilsitz 54 gedrückt ist, als Endposition bezeichnet. Bei schneller Ventilbetätigung wird der Piezoaktor derart elektrisch angesteuert, dass der Ventilkörper schnell aus der Ruhestellung in die Endposition gelangt, bei langsamer Ventilbetätigung wird die am Piezoaktor anliegende elektrische Spannung langsam erhöht, so dass der Ventilkörper mit kleiner Geschwindigkeit aus der Ruhestellung in die Endposition gelangt. Die Kurven 320 und 321 zeigen die zugehörigen Druckverläufe im Rückraum des Druckübersetzers in Abhängigkeit von der Zeit  $t$ . Der resultierende Hub  $h$  des Piezoaktors, also der Bewegung des Ventilkörpers, ist in den Kurven 330 und 331 abgebildet.  $p_{\text{rail}}$  bezeichnet den Druck der Kraftstoffhochdruckquelle beziehungsweise den Druck im Hochdruckrail des Common-Rail-Systems,  $p_{\text{max}}$  den maximal im Hochdruckraum erzielbaren Kraftstoffdruck und  $h_{\text{max}}$  den maximalen Hub des Ventilkörpers.

In der Ruhestellung des Ventilkörpers ist der Druckübersetzer deaktiviert und der Kolben des Druckübersetzers in seiner Ausgangsstellung zurückgestellt, es findet keine Einspritzung statt. Sowohl im Hochdruckraum als auch im Rückraum herrscht Raildruck  $p_{\text{rail}}$  (siehe die Kurven 310, 311, 320 und 321 im Zeitraum von Null bis zum Zeitpunkt  $t_1$ ). In der Endposition  $h_{\text{max}}$  des Ventilkörpers ist der Druckübersetzer vollständig aktiviert, der Druck im Rückraum sinkt auf einen kleinen Wert nahe Null und der Druck im Hochdruckraum erreicht seinen Maximalwert  $p_{\text{max}}$ . Der Schließkolben wird angehoben und eine Einspritzung findet statt. In einem Übergangsbereich zwischen der Ruhestellung und der Endposition ist der Druckübersetzer hierbei teilweise aktiviert, der Druck im Rückraum nimmt mit zunehmenden Hub des Piezoventils ab und der Druckübersetzerkolben erzeugt einen mittleren Einspritzdruck, der mit zunehmendem Ventilhub ansteigt, so dass die Einspritzung mit ansteigendem Druck abläuft. In den in der Figur 6 abgebildeten Diagrammen wird zur vereinfachten Darstellung davon ausgegangen, dass sich der Düsenöffnungsdruck nur unwesentlich vom Raildruck unterscheidet. Bei langsamer Betätigung des Ventils ab dem Zeitpunkt  $t_1$  (Kurve 331) sinkt der Druck im Rückraum kontinuierlich bis zum Zeitpunkt  $t_2$  auf einen kleinen Wert ab (Kurve 321), während der Druck im Hochdruckraum

langsam auf den Wert  $p_{max}$  ansteigt (Kurve 311). Bei Erreichen des Düsenöffnungsdrucks kurz nach  $t_1$  hebt sich der Schließkolben von den Einspritzöffnungen ab und öffnet vollständig, so dass eine zunehmende Menge an Kraftstoff mit zunehmendem Druck eingespritzt wird. Zum Zeitpunkt  $t_2$  ist der maximale Öffnungshub  $h_{max}$  des Ventilkörpers und der maximale Einspritzdruck  $p_{max}$  erreicht. Der Schließvorgang zum Zeitpunkt  $t_3$  erfolgt schnell, um einen schnellen Druckabbau bei Einspritzende zu gewährleisten (als englischer Fachausdruck wird hierfür die Bezeichnung "rapid spill" verwendet). Zum Zeitpunkt  $t_3$  also, in dem die Verlängerung des Piezoaktors rückgängig gemacht wird, wird der Druck sowohl im Hochdruckraum als auch im Rückraum auf Raildruckniveau zurückgeführt und der Schließkolben verschließt wieder die Einspritzöffnungen. Wird hingegen zum Zeitpunkt  $t_1$  das Ventil schnell angesteuert (Kurve 330), wird der Übergangsbereich schnell durchlaufen und der Druck im Hochdruckraum steigt erheblich vor dem Zeitpunkt  $t_2$  auf das Maximalniveau  $p_{max}$  an (siehe Kurve 310), während gleichzeitig der Druck im Rückraum rasch auf einen geringen Wert abfällt (siehe Kurve 320). Dementsprechend ergibt sich ein quasi rechteckförmiger Druckverlauf 310. Der Schließvorgang erfolgt in analoger Weise zum zuvor beschriebenen Fall vorzugsweise schnell, um einen schnellen Druckabbau bei Einspritzende zu gewährleisten.

Figur 7 stellt die Druckverhältnisse dar für den Fall, dass beispielsweise das Piezoventil nach Figur 4 als 3/3-Wege-Ventil betrieben wird. Neben der Ruhestellung und der Endposition hat der Ventilkörper des Ventils in diesem Fall auch eine Mittelstellung, in der er zumindest für einen gewissen Zeitraum verbleiben kann und in der die Leitung 42 sowohl mit der Leitung 45 als auch mit der Leitung 44 verbunden ist. Dann kann sich in diesem Zeitraum im Rückraum ein Druckgleichgewicht auf einem Zwischendruckniveau  $P_{Z1}$  einstellen, das durch die ins Niederdrucksystem abfließende und die von der Kraftstoffhochdruckquelle zufließende Menge zusammen bestimmt wird. Die Kurve 410 zeigt den Druckverlauf im Hochdruckraum, die Kurve 420 den Druckverlauf im Rückraum. Im darunter stehenden  $h(t)$ -Diagramm ist der zeitliche Verlauf des Hubs des Schließkolbens, im dritten Diagramm der zeitliche Verlauf des

Piezohubs  $H$ , also der Bewegung des Ventilkörpers, abgebildet.  $H_{\max}$  bezeichnet den maximalen Wert für den Piezohub, mit dem die Endposition des Ventilkörpers eingestellt werden kann, in der der Rückraum nur noch mit dem Niederdrucksystem verbunden ist.

5 Der Öffnungsdruck  $p_0$  im Hochdruckraum ist der zur Anhebung des Schließkolbens erforderliche Druck.  $t_1$  bis  $t_5$  bezeichnen verschiedene aufeinanderfolgende Zeitpunkte innerhalb eines Einspritzzyklus, der eine Booteinspritzung, das heisst eine erste Einspritzphase auf niedrigem Druckniveau, und eine zweite

10 Einspritzphase auf hohem Druckniveau umfasst.

Zum Zeitpunkt  $t_1$  wird der Ventilkörper durch eine entsprechende Ansteuerung des Piezoaktors in die Mittelstellung überführt und bis zum Zeitpunkt  $t_3$  in dieser Mittelstellung gehalten (siehe

15 das  $H(t)$ -Diagramm). Im Rückraum sinkt der Druck auf das Zwischendruckniveau  $P_{Z1}$  ab, während der Druck im Hochdruckraum langsam ansteigt. Sobald er den Öffnungsdruck im Zeitpunkt  $t_2$  übersteigt, öffnet der Injektor (siehe das  $h(t)$ -Diagramm) und es erfolgt eine Booteinspritzphase auf einem Druckniveau zwischen

20 dem Raildruckniveau und dem maximal mit dem Druckübersetzer erzielbaren Druckwert. Zum Zeitpunkt  $t_3$  wird das Piezoventil in seine Endstellung (zweite Stellung) mit dem Hubwert  $H_{\max}$  überführt, so dass der Druck im Rückraum auf einen geringen Wert nahe Null abfällt, während die Einspritzöffnungen weiter

25 geöffnet bleiben und der Druck im Hochdruckraum auf den Wert  $p_{\max}$  ansteigt. Diese Haupteinspritzphase dauert bis zum Zeitpunkt  $t_4$ , in dem das Ventil in seine Ruhestellung zurückgefahren wird ( $H=0$ ), so dass im Hochdruckraum und im Rückraum ein Druckausgleich auf Raildruckniveau stattfindet und

30 kurze Zeit später im Zeitpunkt  $t_5$  der Schließkolben die Einspritzöffnungen verschließt ( $h=0$ ).

Alternativ kann die Zwischenstellung auch für eine Einspritzung mit niedrigem Einspritzdruck verwendet werden, wobei aus der

35 Zwischenstellung wieder in Ruhestellung gegangen wird. Dies geschieht beispielsweise bei kleinen Einspritzmengen, wie sie bei einer Voreinspritzung oder im Leerlauf gefordert sind.

Figur 8 zeigt eine Abwandlung der Ausführungsform nach Figur 3, bei der bei sonst gleichem Aufbau zusätzlich eine Drossel 520 in

40

der Leitung 70 eingebaut ist, so dass die Verbindung zwischen dem Hochdruckraum 28 und dem Schließdruckraum 12 beziehungsweise dem Rückraum 27 gedrosselt wird. Der Querschnitt des Verbindungspfads des 3/2-Wege-Ventils 8 zwischen der Leitung 45 und der Leitung 42 ist mit dem Bezugszeichen 510 versehen und wird im Folgenden als Ventilquerschnitt bezeichnet.

Durch eine geeignete Abstimmung des Ventilquerschnitts 510, der den Rückraum 27 mit der Druckversorgung verbindet, und des Strömungsquerschnittes des Füllpfads 70 durch eine geeignete Wahl des Strömungsquerschnittes der Drossel 520 kann eine hydraulische Zusatzkraft zum Nadelschließen erzeugt werden. Dazu wird der Füllpfad 70 durch die Drossel 520 sehr klein ausgelegt, jedoch groß genug, um ein Füllen des Hochdruckraums 28 und ein Rückstellen des Druckverstärkerkolbens bis zur nächsten Einspritzung zur ermöglichen. Ferner wird der Ventilquerschnitt 510 groß genug ausgelegt, damit im Rückraum 27 ein schneller Druckaufbau auf Raildruck stattfindet, wobei je nach Leitungsauslegung auch eine Drucküberhöhung im Rückraum stattfinden kann. Durch den schnellen Druckaufbau im Rückraum findet im Hochdruckraum 28 ein schneller Druckabbau auf Raildruck mit anschließendem Druckunterschwingen unter Raildruck statt. Durch die Drossel 520 wird ein zu schneller Druckausgleich zwischen Raum 28 und Raum 12 bzw. 27 verhindert. Da in dieser Phase im Schließdruckraum 12 weiter Raildruck ansteht, tritt eine schließende hydraulische Kraft auf die Düsennadel auf.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird die Auslegung des Strömungsquerschnitts des Füllpfads 70 statt durch die Verwendung einer Drossel durch ein einen entsprechenden Strömungsquerschnitt aufweisendes Rückschlagventil 29 sichergestellt.

Figur 9 zeigt schematisch die mit der Anordnung nach Figur 8 erzielbaren Druckverläufe. Hierbei ist der zeitliche Verlauf des Kraftstoffdrucks im Hochdruckraum 28 mit dem Bezugszeichen 1310

versehen, der zeitliche Verlauf des Kraftstoffdrucks im Rückraum 27 des Druckübersetzers mit dem Bezugszeichen 1320.

Hierbei stellt sich das Einspritzende folgendermaßen dar: Nach  
5 Deaktivieren des Ventils 8 erfolgt im Rückraum 27 und im  
Schließdruckraum 12 ein Druckaufbau auf Raildruck, wodurch  
gleichzeitig im Hochdruckraum 28 ein schneller Druckabfall auf  
Raildruck erfolgt. Der letztgenannte Druckabfall erfolgt so  
10 schnell, dass ein Unterschwingen des Druckes im Hochdruckraum  
und im Druckraum des Injektors unter den Raildruck stattfindet.  
Genau in dieser Phase findet das Nadelschließen statt, so dass  
eine zusätzliche hydraulische Druckkraft auf die Düsenadel  
auftritt, wodurch ein schnelles Nadelschließen erreicht und die  
15 Kraftstoffmengen noch genauer in die Brennkammern der  
Brennkraftmaschine eindosiert werden können. Im weiteren Verlauf  
stellt sich auch im Hochdruckraum und im Druckraum der Raildruck  
ein. Der im Verlauf 1320 gezeichnete Überschwinger über den  
Raildruck hinaus ist hydraulisch bedingt und kann durch  
20 geeignete Leitungsauslegung minimiert bzw. unterdrückt werden.  
Wesentlich für den schnellen Druckabfall mit folgendem  
Unterschwinger unter Raildruck im Hochdruckraum ist der schnelle  
Druckaufbau im Rückraum.

Figur 10 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform der in Figur 3  
25 dargestellten Anordnung. Hierbei ist statt der Leitung 45 eine  
Kraftstoffleitung 1450 vorgesehen, die nicht direkt mit der  
Leitung 4, sondern mit dem Raum des Druckübersetzers verbunden  
ist, in den die Leitung 4 mündet. Dabei mündet die Leitung 1450  
am der Leitung 4 gegenüberliegende Ende des Druckübersetzerraums  
30 in den Raum. Desweiteren ist die Leitung 41 aus Figur 3 durch  
eine Kraftstoffleitung 1410 ersetzt, die im Unterschied zur  
Leitung 41 aus Figur 3 jenseits der Mündung der Leitung 42 in  
den Rückraum 27 in diesen Rückraum mündet. Ferner ist diese  
Leitung 1410 so an den Schließdruckraum 12 angeschlossen, dass  
35 diametral gegenüberliegend eine die Leitung 70 aus der Figur 3  
ersetzende Leitung 1700 in den Schließdruckraum mündend  
befestigt werden kann. Das andere Ende der Leitung 1700 ist in  
aus der Figur 3 bekannten Weise über ein Rückschlagventil 29 mit  
dem Hochdruckraum 28 verbunden. Ferner ist die Leitung 40 aus  
40 der Figur 3 durch eine Leitung 1400 ersetzt, die diametral

gegenüberliegend zur Leitung 1700 beziehungsweise zum Rückschlagventil 29 in den Hochdruckraum 28 mündet. Im Schließdruckraum ist darüber hinaus im Unterschied zur Anordnung nach Figur 3 ein Begrenzungselement 2000 befestigt, das den Öffnungshub des Injektors begrenzt.

Die Funktionsweise ist im Wesentlichen die gleiche wie die der Anordnung nach Figur 3, mit dem Unterschied, dass durch die diametrale Anordnung der Mündungen der Kraftstoffleitungen in den Räumen des Druckübersetzers beziehungsweise im Schließdruckraum des Injektors die Räume eine Durchspülung aller Räume mit Kraftstoff erzwungen wird.

## 5 Ansprüche

1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Brennkraftmaschinen mit einem von einer Kraftstoffhochdruckquelle versorgbaren Kraftstoffinjektor, wobei zwischen dem Kraftstoffinjektor und der Kraftstoffhochdruckquelle eine einen beweglichen Druckübersetzerkolben aufweisende Druckübersetzungseinrichtung geschaltet ist, wobei der Druckübersetzerkolben einen an die Kraftstoffhochdruckquelle anschliessbaren Raum von einem mit dem Kraftstoffinjektor verbundenen Hochdruckraum trennt, wobei durch Befüllen eines Rückraumes der Druckübersetzungseinrichtung mit Kraftstoff beziehungsweise durch Entleeren des Rückraums von Kraftstoff der Kraftstoffdruck im Hochdruckraum variiert werden kann, wobei der Kraftstoffinjektor einen beweglichen Schließkolben zum Öffnen und Verschließen von Einspritzöffnungen aufweist, wobei der Schließkolben (13; 113) in einen Schließdruckraum (12; 112) hineinragt, so dass der Schließkolben mit Kraftstoffdruck beaufschlagbar ist zur Erzielung einer in Schließrichtung auf den Schließkolben wirkenden Kraft, und dass der Schließdruckraum (12; 112) und der Rückraum (27; 127) durch einen gemeinsamen Schließdruck-Rückraum (12, 27, 41; 112, 127, 141) gebildet werden, wobei sämtliche Teilbereiche (12, 27; 112, 127) des Schließdruck-Rückraums permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden (41; 141) sind, wobei ein Druckraum (17; 128) zum Versorgen der Einspritzöffnungen mit Kraftstoff und zum Beaufschlagen des Schließkolben mit einer in Öffnungsrichtung wirkenden Kraft vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Hochdruckraum (28) derart mit der Kraftstoffhochdruckquelle in Verbindung (43; 70, 41, 42; 1700, 1410, 42) steht, daß im Hochdruckraum, abgesehen von Druckschwingungen, ständig zumindest der Kraftstoffdruck der Kraftstoffhochdruckquelle anliegen kann, wobei der Druckraum und der Hochdruckraum durch einen gemeinsamen Einspritzraum gebildet werden, wobei sämtliche Teilbereiche des Einspritzraums permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden sind.



2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckraum (17) und der Hochdruckraum (28) über eine Kraftstoffleitung (40) miteinander verbunden sind.

3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckraum durch den Hochdruckraum (128) gebildet ist.

4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schließdruckraum (12) und der Rückraum (27) über eine Leitung miteinander verbunden sind.

5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schließdruckraum (112) und der Rückraum (127) durch einen Teilkolben (123) des Druckübersetzerkolbens (121) voneinander abgegrenzt sind, wobei in dem Teilkolben mindestens eine den Schließdruckraum und den Rückraum verbindende Bohrung (141) eingebracht ist.

6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochdruckraum (28) über ein Rückschlagventil (29) mit dem Raum (26) verbunden (43) ist.

7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochdruckraum (28; 128) mit dem Schließdruckraum (12; 112) verbunden (70) ist.

8. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung (70) ein Rückschlagventil (29; 129) enthält.

9. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen dem Hochdruckraum (28) und dem Schließdruckraum (12) derart gedrosselt (520; 29) ist, dass während eines Schließvorgangs ein

Unterschwingen des Drucks im Druckraum unterhalb des Drucks der Kraftstoffhochdruckquelle erfolgen kann.

5 10. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückraum (27; 127) über ein Ventil (8) wahlweise mit einer Niederdruckleitung (44) oder mit der Kraftstoffhochdruckquelle (2) verbindbar ist.

10 11. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil ein eine erste und eine zweite Stellung aufweisendes Piezoventil ist, wobei das Piezoventil den Rückraum in einer ersten Stellung mit der Kraftstoffhochdruckquelle und in einer zweiten Stellung mit der Niederdruckleitung (44) verbindet.

15 12. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Piezoventil derart ausgebildet ist, dass die Geschwindigkeit des Übergangs zwischen der ersten und der zweiten Stellung variiert werden kann.

20 13. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil in mindestens eine Zwischenstellung überführbar ist, so dass sich im Rückraum ein Zwischendruckniveau ergibt.

25 14. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil in der Zwischenstellung den Rückraum sowohl mit der Kraftstoffhochdruckquelle als auch mit der Niederdruckleitung verbindet.

30 15. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einem der Räume (26, 27, 28) der Druckübersetzungseinrichtung und/oder im Schließdruckraum (11) des Kraftstoffinjektors in dem Raum  
35 beziehungsweise in den Räumen mündende Leitungen (4, 1450; 42, 1410; 1410, 1700; 1700, 29, 1400) derart angeordnet sind, insbesondere diametral gegenüberliegend angeordnet sind, so dass bei einem Kraftstofffluß in den Leitungen eine Durchspülung des Raums beziehungsweise der Räume mit Kraftstoff erzwungen wird.

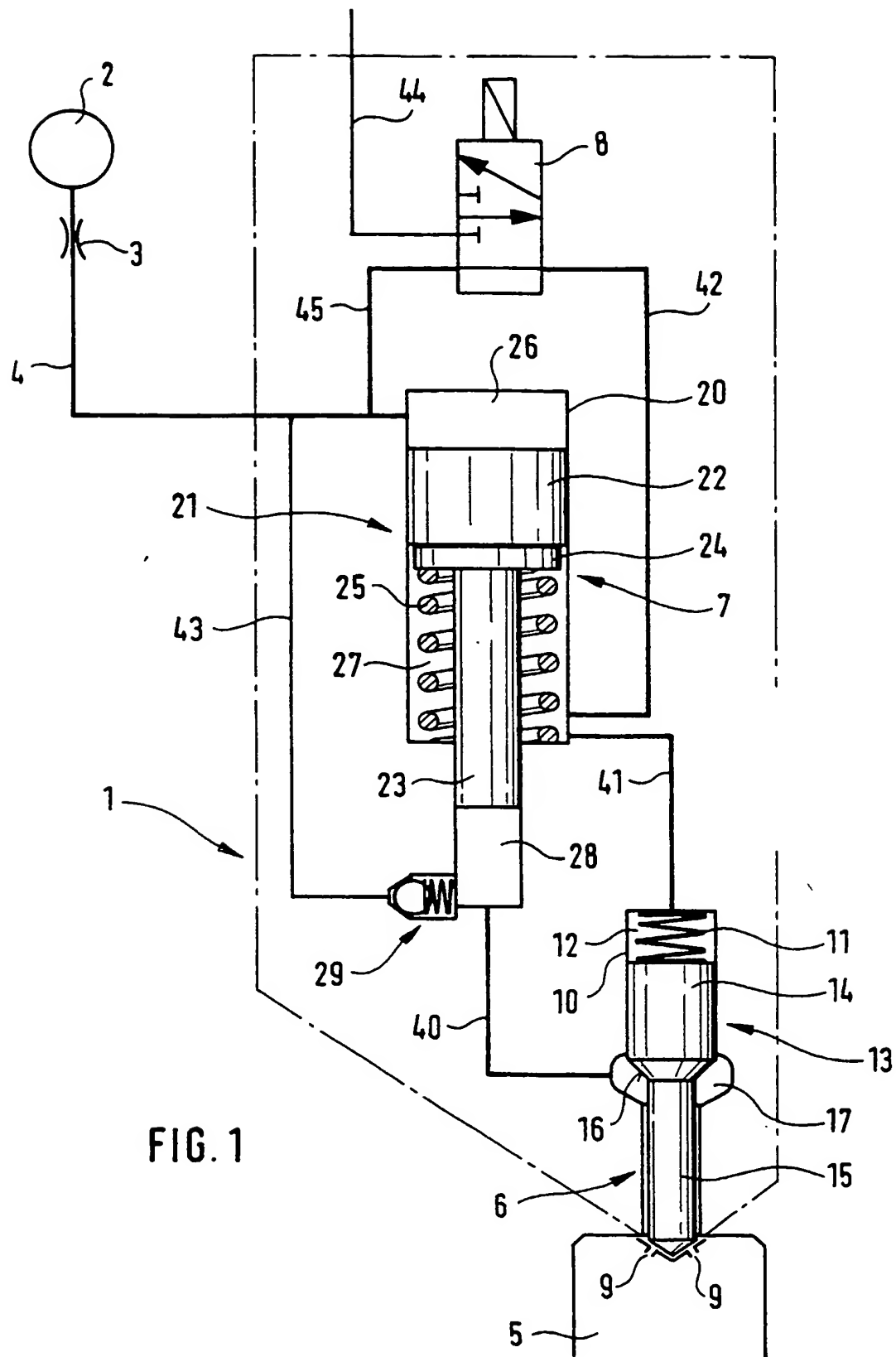
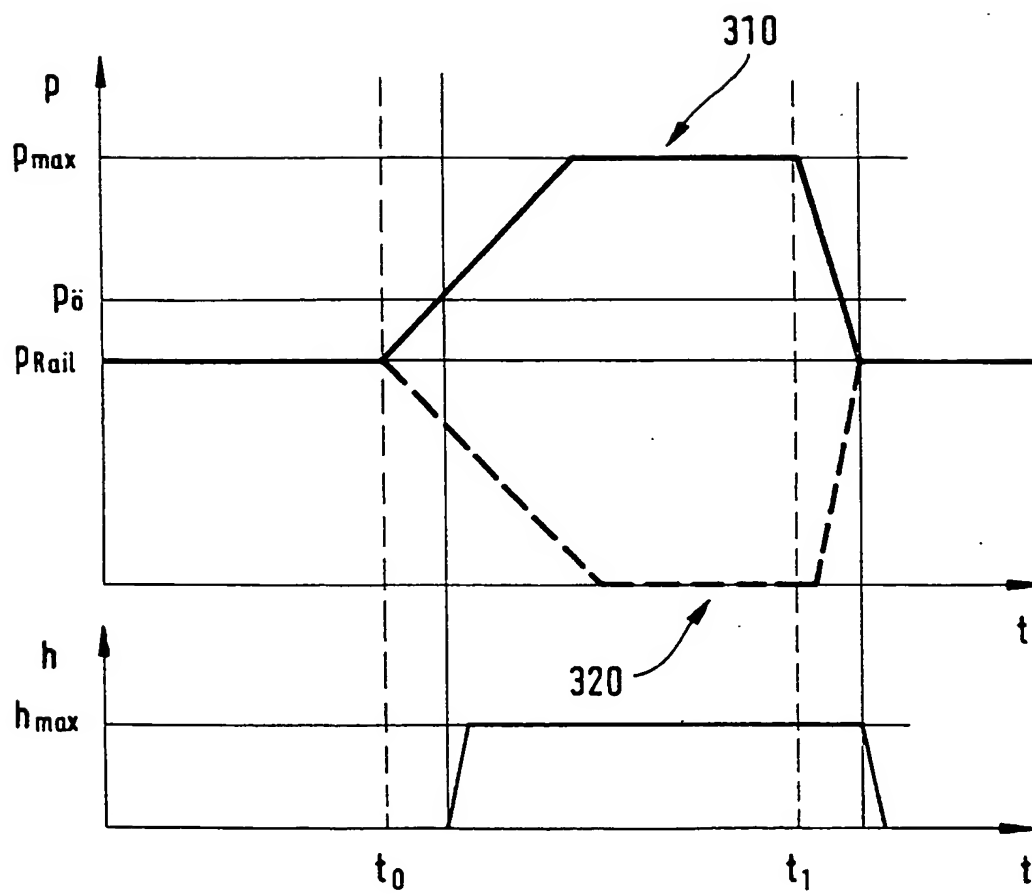
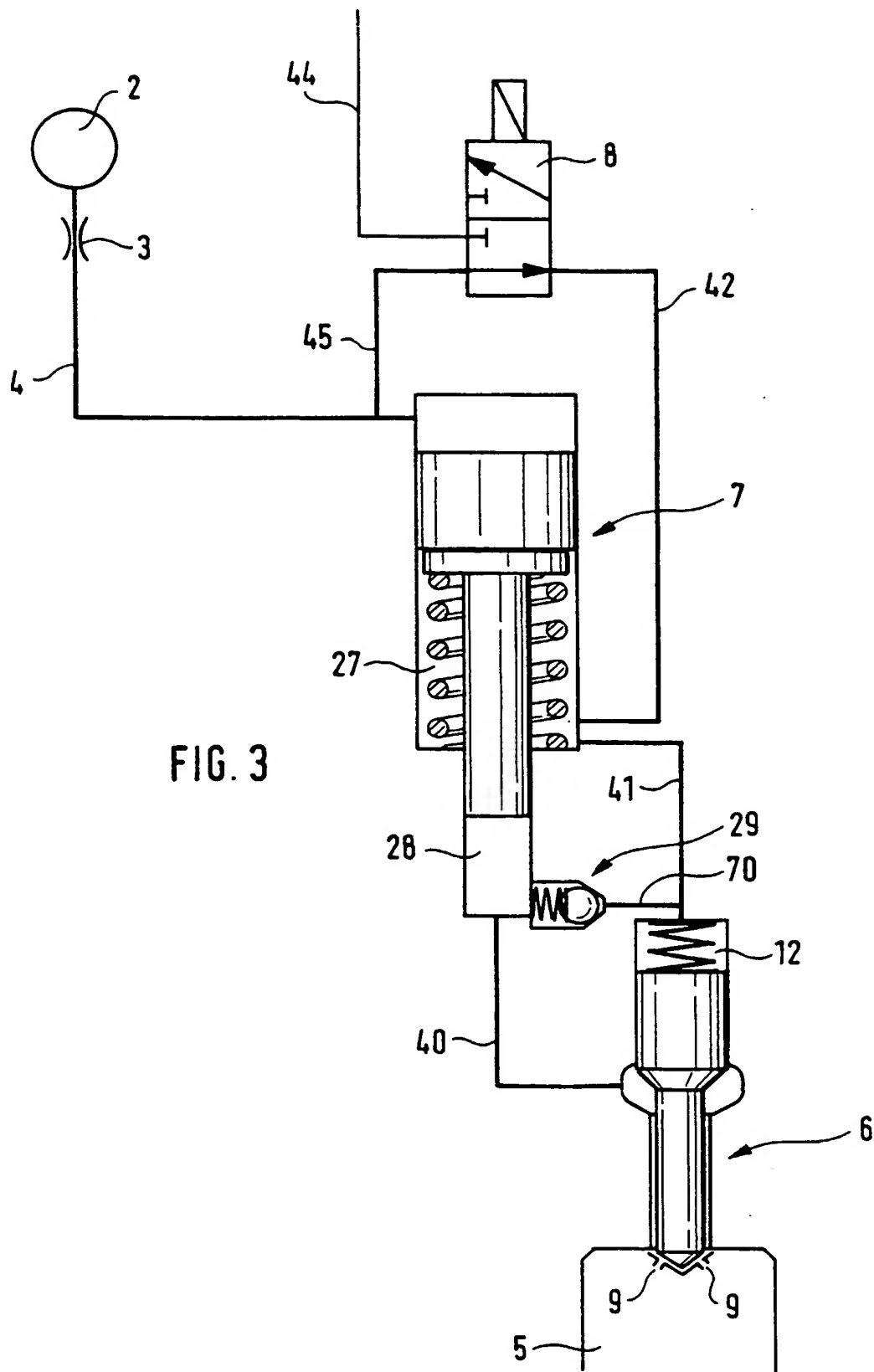


FIG. 2



3 / 10



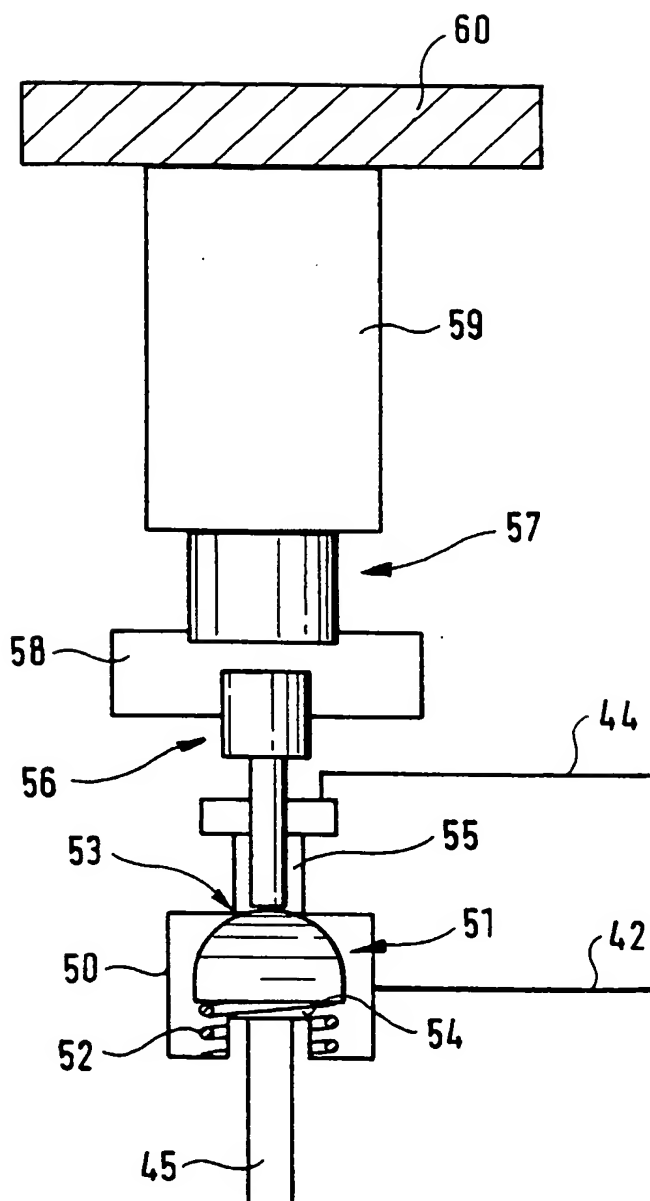


FIG. 4

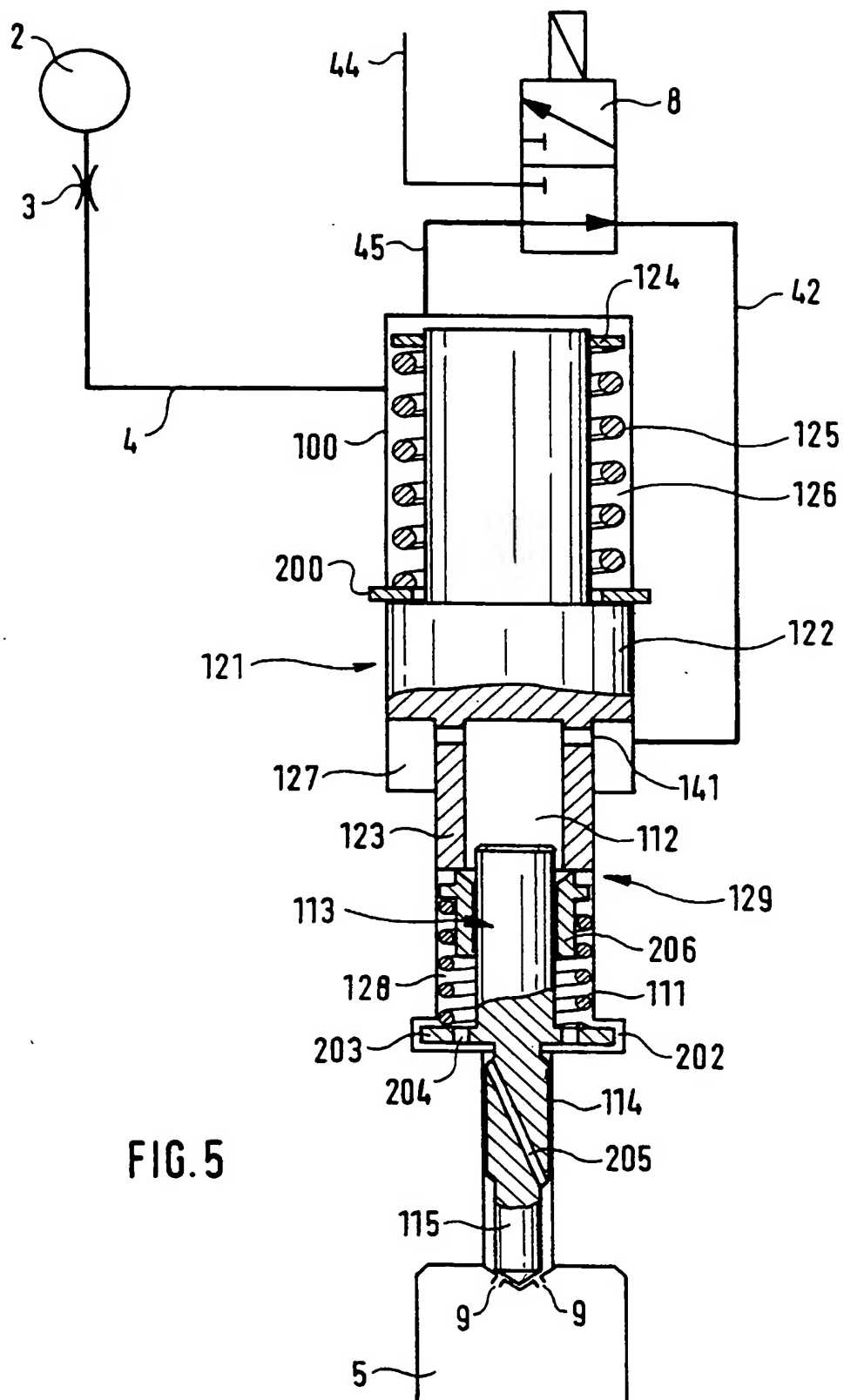


FIG. 6

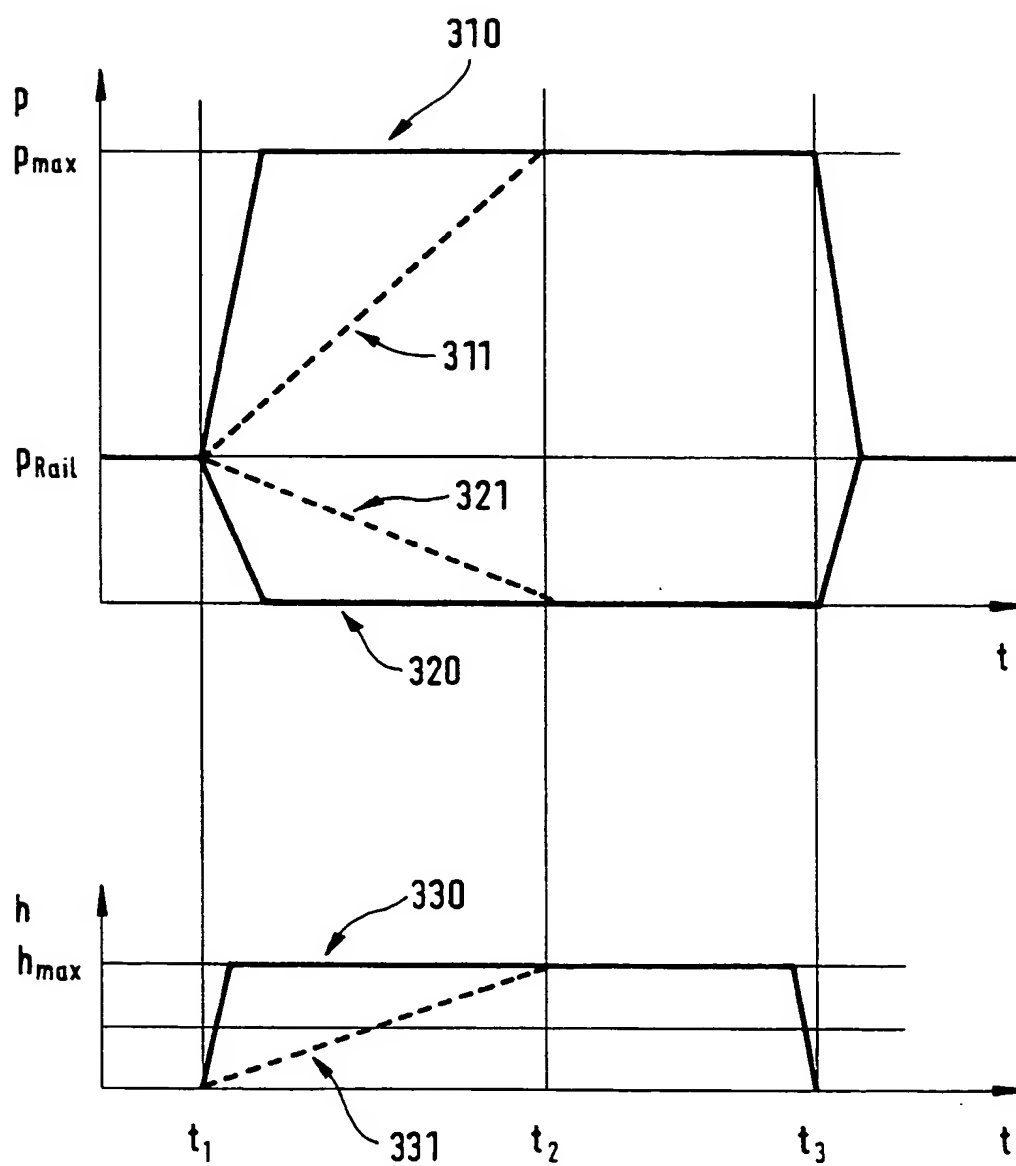
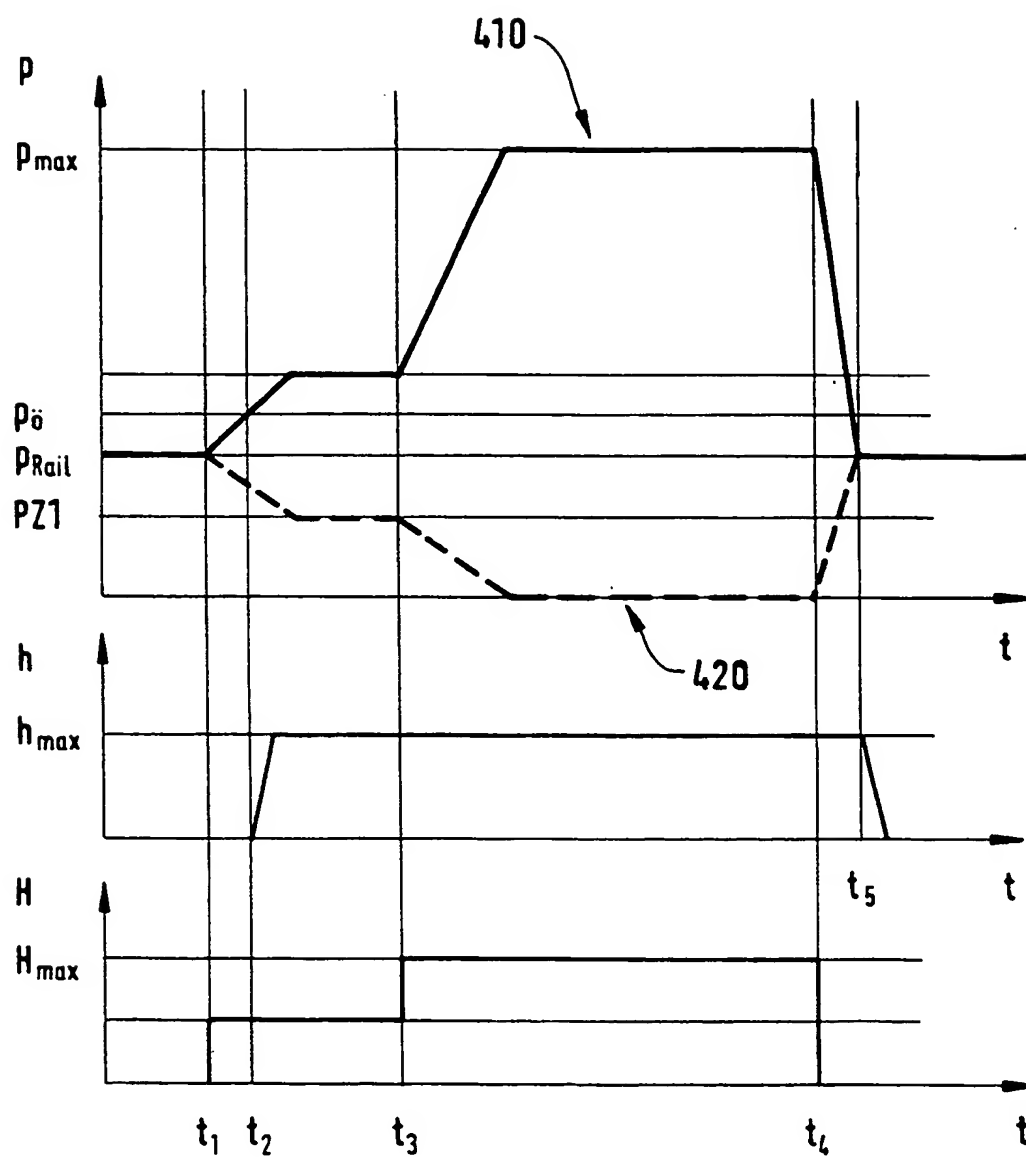




FIG. 7



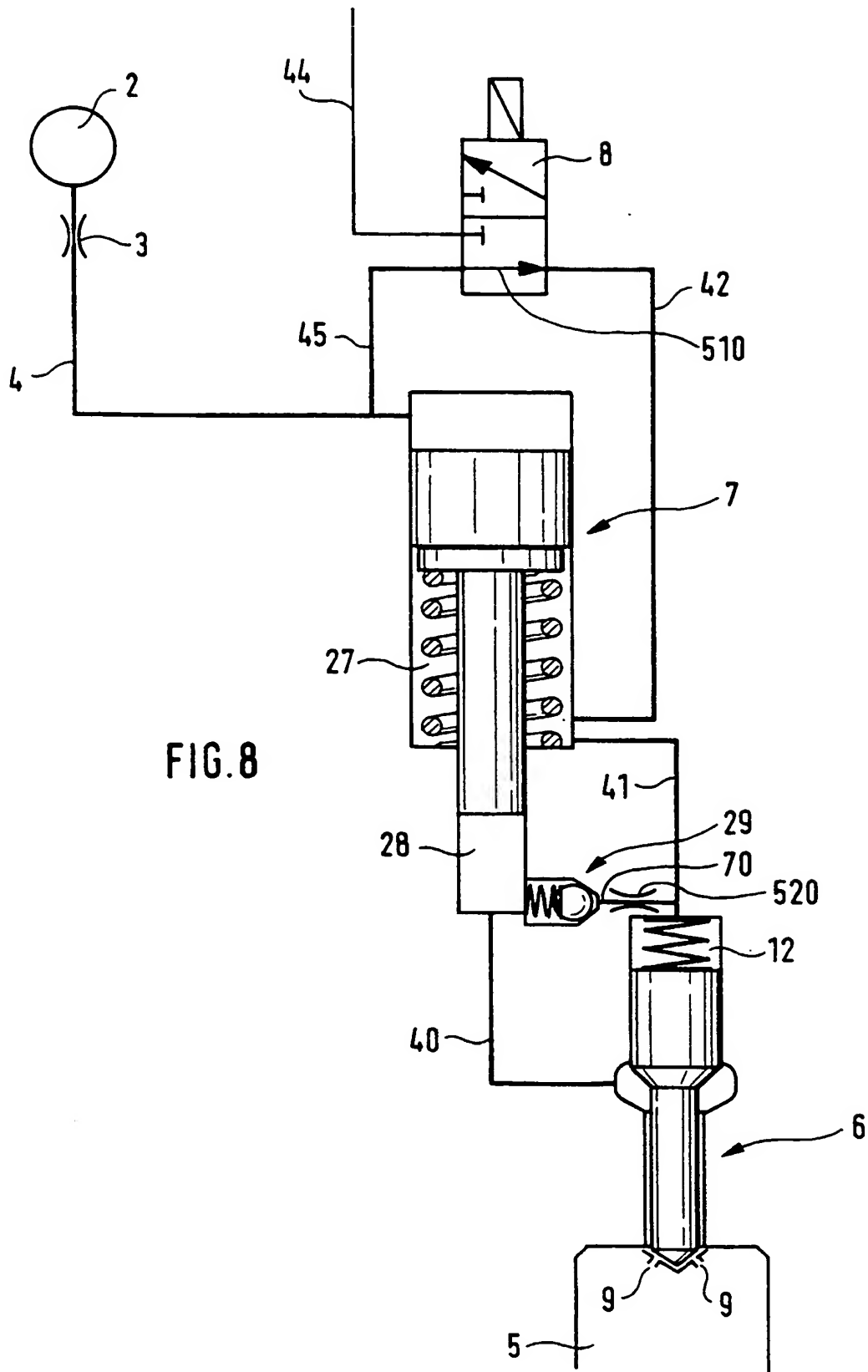
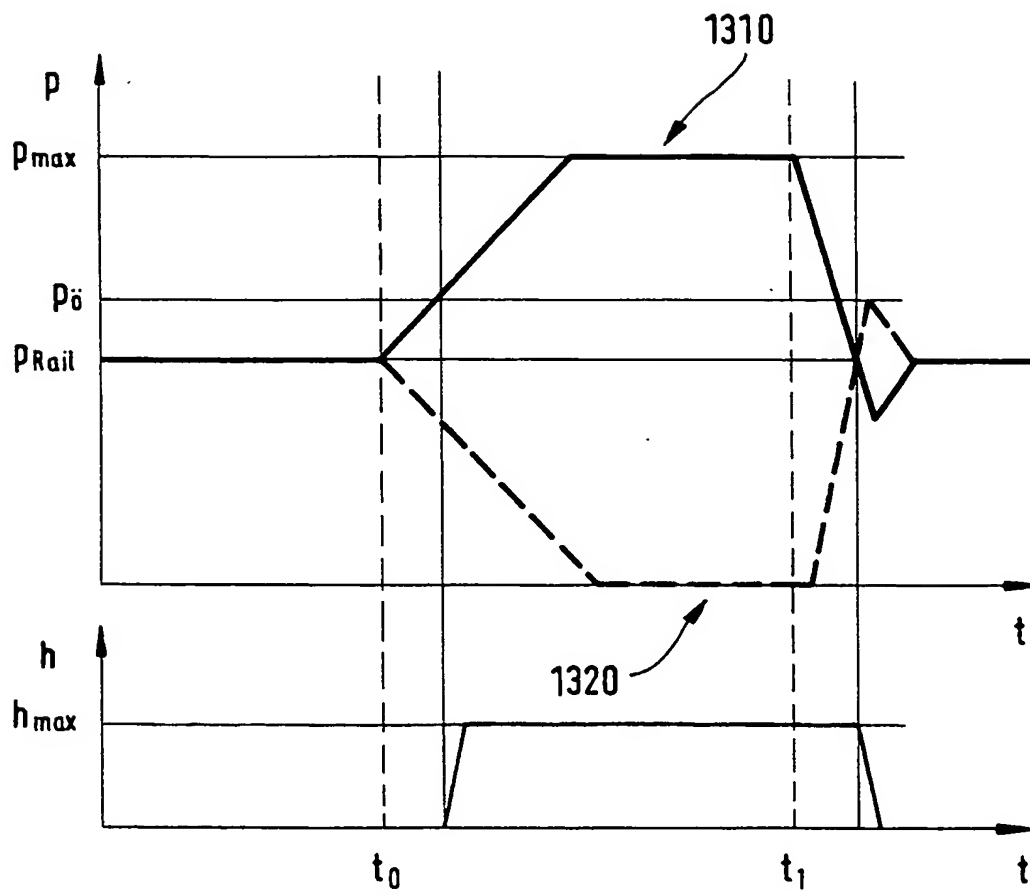
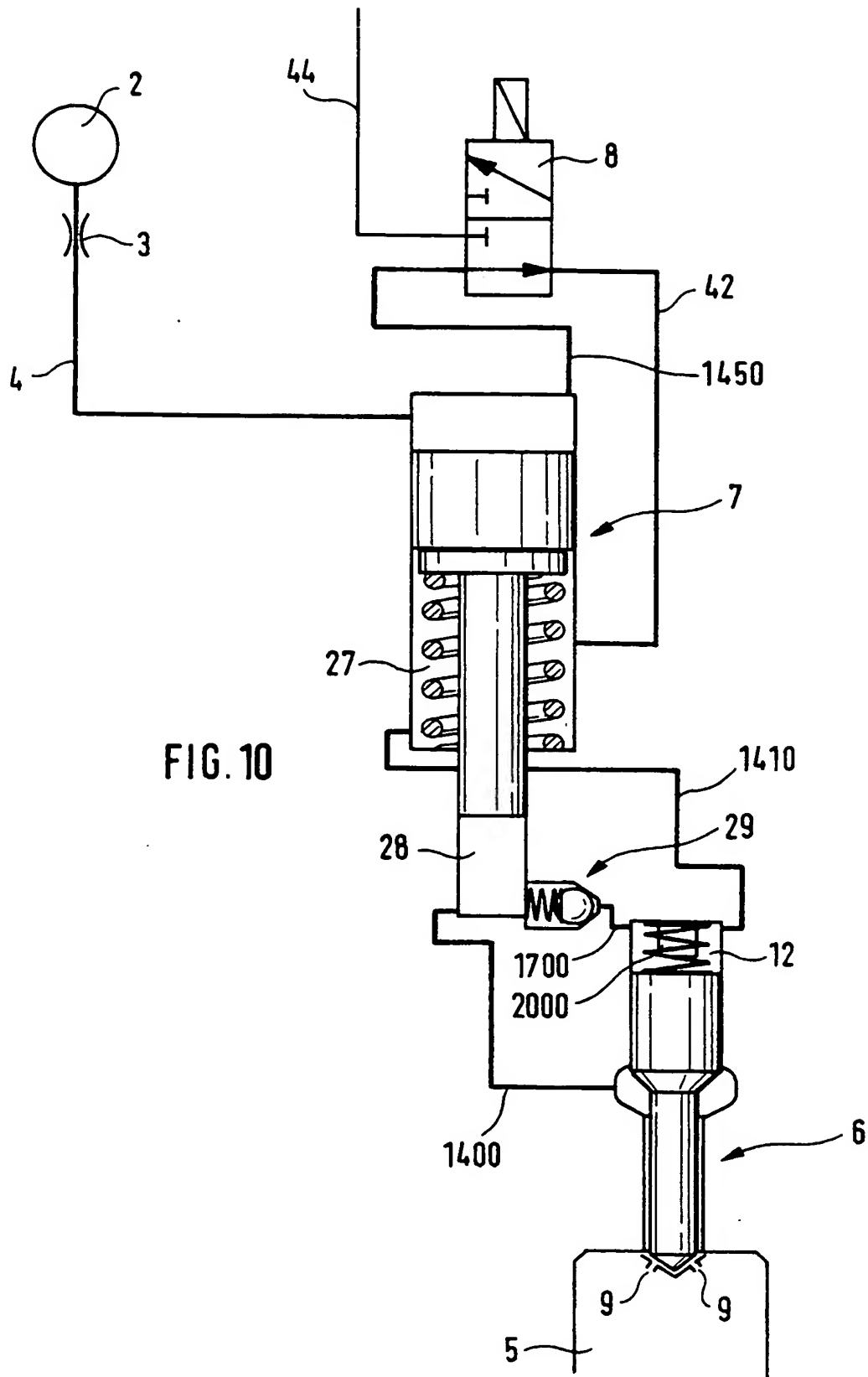


FIG. 9





A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 F02M59/10 F02M57/02 F02M47/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	WO 01 88364 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP ; OSHIZAWA HIDEKAZU (JP); TAKEKAWA YO) 22 November 2001 (2001-11-22) * Abstract *	1,2,6,7, 9-11
P,A	DE 100 02 273 A (BOSCH GMBH ROBERT) 2 August 2001 (2001-08-02) column 5, line 35 -column 6, line 46; figures	1,2,6,7, 9,10
A	DE 199 39 429 A (BOSCH GMBH ROBERT) 1 March 2001 (2001-03-01) column 2, line 41 -column 5, line 49; figures	1,2,4,6, 7,9
A	US 6 113 000 A (TIAN STEVEN Y) 5 September 2000 (2000-09-05) cited in the application	
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 September 2002

Date of mailing of the international search report

23/09/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

von Arx, H

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 10 970 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28 September 2000 (2000-09-28) cited in the application -----	

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 0188364	A	22-11-2001	JP	2001323858 A		22-11-2001
			WO	0188364 A1		22-11-2001
DE 10002273	A	02-08-2001	DE	10002273 A1		02-08-2001
			WO	0152916 A2		26-07-2001
DE 19939429	A	01-03-2001	DE	19939429 A1		01-03-2001
			WO	0114724 A1		01-03-2001
			EP	1123462 A1		16-08-2001
US 6113000	A	05-09-2000	EP	1117927 A1		25-07-2001
			JP	2002523681 T		30-07-2002
			WO	0012890 A2		09-03-2000
DE 19910970	A	28-09-2000	DE	19910970 A1		28-09-2000
			WO	0055496 A1		21-09-2000
			EP	1078160 A1		28-02-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDEGEGENSTANDES  
IPK 7 F02M59/10 F02M57/02 F02M47/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	WO 01 88364 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP ; OSHIZAWA HIDEKAZU (JP); TAKEKAWA YO) 22. November 2001 (2001-11-22) * Abstract *	1,2,6,7, 9-11
P,A	DE 100 02 273 A (BOSCH GMBH ROBERT) 2. August 2001 (2001-08-02) Spalte 5, Zeile 35 - Spalte 6, Zeile 46; Abbildungen	1,2,6,7, 9,10
A	DE 199 39 429 A (BOSCH GMBH ROBERT) 1. März 2001 (2001-03-01) Spalte 2, Zeile 41 - Spalte 5, Zeile 49; Abbildungen	1,2,4,6, 7,9
A	US 6 113 000 A (TIAN STEVEN Y) 5. September 2000 (2000-09-05) in der Anmeldung erwähnt	

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

16. September 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/09/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

von Arx, H



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH GEGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Seite	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 10 970 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28. September 2000 (2000-09-28) in der Anmeldung erwähnt -----	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0188364	A	22-11-2001	JP WO	2001323858 A 0188364 A1	22-11-2001 22-11-2001
DE 10002273	A	02-08-2001	DE WO	10002273 A1 0152916 A2	02-08-2001 26-07-2001
DE 19939429	A	01-03-2001	DE WO EP	19939429 A1 0114724 A1 1123462 A1	01-03-2001 01-03-2001 16-08-2001
US 6113000	A	05-09-2000	EP JP WO	1117927 A1 2002523681 T 0012890 A2	25-07-2001 30-07-2002 09-03-2000
DE 19910970	A	28-09-2000	DE WO EP	19910970 A1 0055496 A1 1078160 A1	28-09-2000 21-09-2000 28-02-2001